à Monsieur Bourneville

conseiller municipal

offert par Madame Belgrand

et par l'auteur de la notice.



NOTICE

SUR

LA VIE ET LES TRAVAUX

DE

M. E. BELGRAND

PAR

L. LALANNE

Inspecteur général des Ponts et Chaussées de 1re classe (en retraite

Membre de l'Institut

(Extrait des *Annales des Ponts et Chaussées*, numéro de novembre)

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRIE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DE L'ADMINISTRATION DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, nº 49

1881

5561. – PARIS. IMPRIMERIE LALOUX Fils et GUILLOT
7, RUE DES CANETTES, 7

NOTICE

SUR

LA VIE ET LES TRAVAUX

DE

M. E. BELGRAND

Par M. L. LALANNE

Inspecteur général des Ponts et Chaussées de 1re classe (en retraite)
Membre de l'Institut.

« Le Corps des Ponts et Chaussées respectueux comme « nous pour ses morts illustres, et soigneux de transformer « en leçons pour l'avenir le témoignage intelligent et fidèle « du passé, proposera prochainement dans les *Annales des « Ponts et Chaussées*, comme un exemple pour tous les « ingénieurs, l'histoire de cette vie laborieuse et utile (*). »

Alors même que l'éminent secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences n'aurait pas prononcé ces paroles encourageantes pour celui de ses confrères qu'il savait chargé de cette honorable mais lourde tâche, les *Annales* n'auraient pas manqué de payer à la mémoire de Belgrand le juste tribut d'éloges et de regrets qu'elle mérite. Le condisciple et l'ami qui l'a suivi dans le cours entier de sa carrière, depuis l'époque de leurs études communes pour la préparation à l'École polytechnique, aurait même désiré

(*) Institut de France. *Éloge historique d'Eugène Belgrand*, par J. Bertrand, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, lu dans la séance publique du 1er mars 1880.

prendre les devants, sans attendre la consécration qu'une autorité aussi imposante a donnée aux travaux scientifiques de Belgrand. Malheureusement des empêchements continuels, des obstacles imprévus et sans cesse renaissants, n'ont que trop retardé l'accomplissement d'une promesse souscrite imprudemment peut-être, mais que dictaient l'initiative et l'insistance flatteuse de la famille et des principaux collaborateurs de ce regretté camarade.

Eugène Belgrand, né le 23 avril 1810, à Ervy (Aube), avait senti dès l'enfance, la responsabilité qui lui incombait comme à l'aîné d'une nombreuse famille privée de son père. Cette situation, la sollicitude éclairée d'une mère courageuse et intelligente qui sut mener à bien la gestion de sa fortune et diriger l'éducation de ses six fils, eurent une influence notable sur le développement des heureuses facultés dont il était doué.

Ce n'était certainement pas uniquement au collège de Chaumont qu'il avait acquis l'instruction littéraire, le goût des arts, le sens profond de la nature dont il a donné tant de preuves. Jouissant des charmes d'une vie campagnarde, jusqu'à douze ans, après de longues promenades dans les forêts qui couvrent les plateaux du bassin de l'Ource, il se reposait en dévorant et relisant les livres d'une bibliothèque de choix que la prévoyance maternelle avait mise à sa disposition. Il avait donc déjà l'esprit ouvert aux principaux objets de l'enseignement lorsqu'il entra au collège; et sa constitution vigoureuse développée par la vie rustique lui permit de suivre ses études sans relâche, aussi bien que de travailler jusqu'à son dernier jour sans paraître en ressentir aucune fatigue. Les philologues, pour lesquels les noms propres ont toujours une étymologie raisonnée, ne s'étonneront pas que l'aspect de Belgrand, avec sa haute stature, avec sa mâle beauté, fût d'accord avec la signification des deux épithètes dont se compose un nom qui avait sans doute justement qualifié le premier de sa race. Au

surplus cette famille avait déja produit des hommes distingués; l'un d'eux, le général de division Belgrand, comte de Vaubois, s'était distingué par sa belle défense de Malte contre les Anglais, à la fin du siècle dernier. Deux des frères de Belgrand ont été, comme lui, élèves de l'École polytechnique.

C'est dans la classe de mathématiques spéciales du collège Louis-le-Grand qu'il reçut d'un excellent professeur, feu M. Richard, une instruction qui ne se bornait pas aux matières du programme restreint dont on se contentait alors pour l'admission à l'École. Évariste Galois, ce profond analyste si malheureusement moissonné dans sa vingtième année, et qui cependant a immortalisé son nom, était de notre classe; et ce n'était pas chose indifférente que de passer une année entière au contact d'un pareil condisciple, sous la direction d'un professeur auquel n'échut pas seulement la chance d'avoir des élèves tels que Galois et plus tard J. A. Serret et Hermite, mais encore le bonheur de les juger et d'apprécier leur valeur.

Reçu en 1829, Belgrand devait avec sa promotion passer par des épreuves peu ordinaires. Les questions de politique intérieure qui préoccupaient alors le pays entier avaient pénétré jusque dans l'école et y prenaient, au printemps de 1830, une importance exceptionnelle. La camaraderie qui règne entre les élèves n'en souffrait guère en ce sens qu'un même esprit animait l'immense majorité; et ceux mêmes que des traditions de famille et les attaches personnelles les plus respectables maintenaient éloignés de tout sentiment d'opposition au pouvoir, n'en aspiraient pas moins au relèvement de la France à l'extérieur, dût-il s'opérer avec le développement des institutions libérales. Ce fut un beau jour que le vendredi 9 juillet, alors que le canon des Invalides, vers quatre heures du soir, vint annoncer de sa voix la plus éclatante à Paris qui osait à peine y croire, la chute d'Alger l'imprenable. Un

jeune sergent, profitant du privilège de son grade, avait obtenu la courte sortie de faveur limitée au temps de récréation. Les deux promotions réunies dans la cour commune, haletantes d'émotion, attendaient son retour avant de rentrer dans les salles d'études. A peine avait-il franchi la porte qu'il est entouré, pressé de questions, saisi, enlevé de terre; un silence absolu succède bientôt au tumulte, sur un simple geste qui annonce une grande nouvelle : « Alger est pris! » A ces mots, une immense clameur s'élève; on porte le messager en triomphe, on s'embrasse, on pleure de joie. Il n'y avait en ce moment, ni libéraux, ni royalistes; un même souffle animait cette ardente jeunesse. Salutaires et saintes émotions du patriotisme! aucun de ceux qui les ont ressenties pourrait-il jamais les oublier! Qui nous aurait dit que cette France alors si grande, si désireuse de légitimes revendications, nous la verrions quarante ans plus tard surprise, vaincue et subissant la mortelle et impardonnable injure d'un démembrement en comparaison duquel le souvenir des défaites même accumulées n'est rien.

C'est sous l'influence de la double émotion de ce triomphe militaire et de la lutte entamée entre le régime parlementaire et le pouvoir royal que s'achevait l'année scolaire des deux promotions de 1828 et de 1829, lorsque les ordonnances du 26 juillet 1830 vinrent, comme un coup de foudre, arrêter subitement le cours de nos études. Un épisode caractéristique signala pour nous le premier jour de cette époque mémorable. Arago, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, prononçait l'éloge d'Augustin Fresnel, qui, pour beaucoup, n'avait été longtemps que l'ingénieur d'un service ordinaire, mais auquel ses travaux sur l'optique et l'application qu'il en a faite à l'éclairage des côtes devaient assurer l'immortalité. Invités par notre illustre maître, un certain nombre d'entre nous assistaient à cette séance publique annuelle de l'Académie. Il semblait que dans ce sanctuaire nous devions être soustraits à toute

impression qui ne viendrait pas de la science elle-même. Mais les circontances prêtaient aux idées les plus simples et les plus naturelles un sens et une portée qui n'étaient peut-être pas dans les intentions des orateurs (*). Des salves réitérées d'applaudissements, dont les polytechniciens donnaient le signal, accueillirent certains passages qui, mettant en relief les opinions libérales de Fresnel et la noble abnégation avec laquelle il les professait, paraissaient une allusion brûlante aux préoccupations du moment. On rentrait à l'École sous le coup d'émotions causées à la fois par la séance académique et par l'effervescence qui commençait à se manifester dans Paris. Quarante-huit heures après, l'École était vide et ne devait se rouvrir que trois mois et demi plus tard. Des élèves marchaient à la tête de combattants dont ils étaient les chefs improvisés. Vaneau, l'un d'eux, tombait frappé mortellement à l'attaque de la caserne de Babylone, à la place même où aboutit la rue qu'on ouvrit plus tard et qui porte son nom. Belgrand, ainsi que la plupart de ses camarades, avait pris part au mouvement qui avait renversé la dynastie. Il est vrai que, comme l'a remarqué l'un de ses meilleurs collaborateurs des dernières années, il ne parlait jamais de ces circonstances si émouvantes (**). Et pourtant elles avaient laissé une trace profonde chez lui aussi bien que chez tous ceux qui ont appartenu aux promotions voisines de la révolution de 1830, soit que ces circonstances aient été un stimulant pour les facultés des uns, soit qu'elles en aient rejeté d'autres du côté des études sérieuses et des recherches scientifiques, consolation naturelle des illusions déçues. Bravais, le profond géomètre auquel on

(*) Voir dans les *Œuvres complètes* de François Arago, t. I, p. 105, la note qui précède la biographie de Fresnel.

(**) *Revue scientifique*, nº 50, 15 juin 1878, M. Belgrand, par M. Mille, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite; excellente biographie à laquelle nous avons fait de larges emprunts.

doit la véritable théorie de la cristallographie, l'ingénieux observateur qui a su reproduire par des expériences de cabinet les principaux phénomènes de l'optique atmosphérique ; Regnault, l'éminent chimiste et physicien ; Laurent, le subtil analyste qui promettait de marcher sur les traces de Cauchy ; Gaugain, auquel la science de l'électricité doit tant de résultats utiles ; Tamisier, l'un des premiers promoteurs de l'artillerie de précision ; Charras, le chevaleresque émule, l'auxiliaire dévoué de Cavaignac et de Lamoricière ; Bosquet, le brillant vainqueur d'Inkermann ; les généraux Rivet, Auger, Liédot, que les champs ensanglantés de Sébastopol, de Magenta et de Sedan ont vu tomber avec la même valeur, quoique dans de bien inégales fortunes ; Morandière, Eugène Couche, Victorin Chevallier, ces ingénieurs distingués qui ont laissé des souvenirs si profonds dans les services qui leur ont été confiés ; tels étaient, pour ne parler que des morts, les principaux parmi ceux d'une époque dans l'histoire de laquelle Belgrand a si bien marqué sa place. On sait à quel point l'expansion complète des intelligences d'élite dépend du milieu où elles se trouvent ; tel est le motif, telle est l'excuse des développements qui viennent d'être donnés aux circonstances qui ont accompagné les débuts de Belgrand dans l'existence virile.

Il n'en était encore qu'à sa première mission d'élève, lorsqu'un phénomène judicieusement observé devint l'occasion d'une suite d'études et de découvertes dans un ordre d'idées nouveau. Il raconte lui-même, dans la préface de son livre *La Seine*, comment une crue subite de la Brenne vint, pendant la construction d'un pont de la surveillance duquel il était chargé à Vitteaux (Côte-d'Or), démentir les prévisions relatives au débouché de l'ouvrage, attirer son attention sur la différence de régime des cours d'eau suivant le plus ou le moins de perméabilité des versants de leurs bassins, et le mettre à même de formuler, pour le calcul des

débouchés, des règles qui tiennent compte de la nature géologique du sol. De ce mécompte il avait conclu « qu'un « ingénieur des Ponts et Chaussées doit être non seulement « *géomètre*, mais *géologue*. » Les excellentes leçons de Dufrénoy, le collaborateur et l'émule d'Elie de Beaumont, nous avaient tous préparés à l'accomplissement de cette seconde condition; nul n'en a mieux profité que lui.

Le rôle modeste que la plupart des ingénieurs avaient à remplir alors, qui a été celui de nos devanciers, qui échoit encore aujourd'hui à quelques-uns, au début de la carrière, a été parfaitement indiqué par le panégyriste d'Augustin Fresnel. « Niveler de petites portions de routes; chercher « dans la contrée des bancs de cailloux; présider à l'extrac- « tion de ces matériaux; veiller à leur placement sur la « chaussée ou dans des ornières; exécuter çà et là un pon- « ceau sur des canaux d'irrigation; rétablir quelques mè- « tres de digue que le torrent a emportés dans sa crue; « exercer principalement sur les entrepreneurs une surveil- « lance active; vérifier leurs états de compte, toiser scru- « puleusement leurs ouvrages... (*) » Tel fut aussi le sort de Belgrand lorsqu'il fut chargé de l'arrondissement de Clermont-Ferrand au printemps de 1834. Il avait, à la vérité, à faire des projets pour un million, mais sans travaux de grande importance, et tout son temps suffisait à peine à la tâche. « Juge de ma misère; » m'écrivait-il le 5 janvier 1835, « depuis huit mois au milieu du plus magnifique « pays je n'ai pas encore eu le temps de m'occuper de « peinture! » En revanche il se réjouissait d'avoir été choisi pour aide de l'ingénieur des mines chargé d'un cours public de chimie, d'avoir à sa disposition un beau laboratoire, des instruments et des réactifs de toute espèce. Mais ce n'était pas la seule consolation qu'il eût dans ce qu'il appelait *sa misère*. « La mission de défendre les deniers de

(*) Arago, *loc. cit.*

l'État, d'en obtenir le meilleur emploi possible, se présentait à ses yeux comme une question d'honneur. » Tel avait été le sentiment de Fresnel (*) ; tel fut le sien; tel est celui qui donne à notre Corps sa plus grande force et sa meilleure raison d'être. La manière dont ces hommes supérieurs ont su s'astreindre aux moindres détails du service et y consacrer sans regret tout leur temps est une de ces « leçons pour l'avenir » que nous promettait « l'histoire de cette vie laborieuse et utile (**), » et ce n'est pas la seule.

Ce n'a pas toujours été, d'ailleurs, sans être obligés de combattre énergiquement, au risque de compromettre leur carrière, contre ceux mêmes qui devraient les soutenir que les ingénieurs sont parvenus à certaines époques à sauvegarder les intérêts qui leur sont confiés. Cette rigide observation des devoirs est un des titres du Corps des Ponts et Chaussées à l'estime et, on peut le dire, à la reconnaissance publiques. Il est rare qu'on en parle, tant la chose est naturelle et dictée par le sentiment de la dignité professionnelle. On peut cependant citer, comme exemple du genre, l'exposé qu'a fait un spirituel écrivain d'une de ces luttes honorables et couronnées de succès (***)

Belgrand reçut en 1836 le titre d'ingénieur ordinaire de 2e classe, substitué à celui d'aspirant ingénieur dont on savait alors se contenter jusqu'à la fin de la deuxième année après la sortie de l'École ; il fut en même temps chargé du double arrondissement de Semur et de Châtillon-sur-Seine, avec la résidence de Montbard. Il était placé là entre les deux régions dont la différence l'avait frappé lors de sa première mission, en présence des restes de l'ancien manoir seigneurial illustré par Buffon, et pouvait, dans ses excur-

(*) Arago, *loc. cit.*
(**) J. Bertrand, *loc. cit.*
(***) (*Mémoires d'un touriste*, par Henri Beyle, dans un récit daté de la Touraine, le 23 juin 1837.)

sions autour de la ville, apercevoir souvent le donjon où le grand naturaliste a médité plus d'une fois. « Il était sur « un sol qu'il avait pratiqué dès l'enfance ; chasseur, mar- « cheur, ayant une excellente vue, une mémoire fidèle, beau- « coup d'ordre dans ses observations, dans ses notes, dans « ses lectures, il dressa la statistique des formations qui « l'entouraient, les classa au point de vue de la pluie qui « tombe, et découvrit peu à peu les lois qui furent plus « tard l'appui de son nom et de son avenir.

« Sa vie de recherches, son attachement à la contrée « furent encore favorisés par son mariage : il épousait, en « 1839, Mlle de la Brosse, appartenant à l'une des meilleu- « res familles du pays. Il eut un intérieur plein de charme « et de distinction ; il put exercer une hospitalité qui était « dans ses goûts... (*) »

Le changement de résidence et de service qui de Montbard le fit passer à Avallon en 1845, loin d'arrêter le cours de ses travaux, fut pour lui un motif d'en résumer et d'en faire connaître les résultats acquis. On avait déjà parlé, depuis longtemps, de l'influence de la nature du sol sur la population qui l'exploite et qui y demeure. « Même dans « les pays où les lois, le langage sont les mêmes, un voya- « geur exercé devine par les habitudes du peuple, par les « apparences de ses demeures, de ses vêtements, la consti- « tution du sol de chaque canton, comme, d'après cette « constitution, le minéralogiste philosophe devine les mœurs « et le degré d'aisance et d'instruction. Nos départements « granitiques produisent, sur tous les usages de la vie hu- « maine, d'autres effets que les calcaires : on ne se logera, « on ne se nourrira, le peuple, on peut le dire, ne pensera « jamais en Limousin ou en Basse-Bretagne, comme en « Champagne ou en Normandie Il n'est pas jusqu'aux « résultats de la conscription qui n'aient été différents, et

(*) MILLE, *loc. cit.*

« différents d'une manière fixe, sur les différents sols (*). »

En citant ce beau passage de l'auteur de l'*Essai sur les révolutions du globe*, Dufrénoy et Élie de Beaumont avaient donné à ces vues, dont le premier germe est dû à Werner, une extension nouvelle. Ils désiraient que la géographie physique ne se bornât pas à concentrer son attention sur les formes de la surface, sur les faits hydrographiques, météorologiques, climatologiques, auxquels ces formes donnent naissance ; sur les conséquences que ces faits entraînent relativement à la distribution des animaux et des végétaux. Ils voulaient qu'elle cherchât à pénétrer au-dessous de la terre végétale en se bornant, il est vrai, à la considération des masses principales de l'écorce du globe, qui est réellement composée de pièces d'une assez grande étendue dont chacune offre un certain degré d'homogénéité. Le mot *pays*, dans le langage des naturalistes, conforme en cela aux dénominations populaires, correspond à une composition spéciale du sous-sol, dont les contours sont ordinairement assez faciles à saisir. Telles sont les parties du territoire français qu'on appelle *la Beauce*, *la Brie*, *la Sologne*, *le pays de Bray*, noms qui loin de s'effacer prendront un sens de plus en plus déterminé (**).

Suivant la voie ouverte par ces illustres maîtres, Belgrand y entrevit d'abord des horizons nouveaux, et, poursuivant sa marche, ne tarda pas à enrichir la science et l'art de découvertes dont l'ensemble constitue un véritable corps de doctrines. L'auteur de cette notice a dû à l'amitié de Belgrand d'être un des premiers initiés aux résultats de ses recherches, et, au risque de laisser apparaître les pardonnables négligences d'une correspondance familière, il n'hésite pas à reproduire avec une scrupuleuse

(*) Cuvier, *Éloge de Werner*.

(**) *Explication de la carte géologique de la France* (Introduction). Paris, 1841.

exactitude la lettre qu'il recevait d'Avallon, à ce sujet, sous la date du 28 février 1846. « Mon cher ami, je com-
« mence par te déclarer que je vais te charger d'une mis-
« sion fort ennuyeuse. J'ai depuis longtemps le désir de
« faire imprimer dans les *Annales* le petit mémoire ci-
« joint; mais, comment y parvenir? Je ne connais per-
« sonne à la Commission; je n'ai droit à la bienveillance
« d'aucun de ces messieurs, et je sens parfaitement que
« la prétention de traiter un sujet neuf (prétention que
« j'exprime au commencement de mon mémoire) est pro-
« fondément ridicule dans le siècle où nous vivons. Ce-
« pendant je crois cette prétention très fondée; ainsi, je
« démontre d'une manière évidente que dans le premier
« quart du bassin de la Seine, en amont de Paris, for-
« mant une superficie de 11 000 kilomètres carrés,
« 8 000 kilomètres carrés ne donnent aux rivières qu'une
« quantité d'eau insignifiante, même dans les plus fortes
« pluies; que ces mêmes terrains ne peuvent être conver-
« tis en prairies que dans le fond des vallées, et seule-
« ment sur les points accessibles aux crues des cours
« d'eau; qu'il est fort inutile de les reboiser dans l'intérêt
« de la régularisation du débit des eaux pluviales, puis-
« qu'ils absorbent tout ce qui tombe à leur surface; qu'il
« est impossible d'y établir des réservoirs pour l'alimen-
« tation des canaux; que les canaux qui les traversent
« exigent une alimentation énorme et convertissent en
« marais tous les terrains au-dessous de leur tenue
« d'eau, etc., etc.

« Tu vois donc que le sujet que je me suis proposé de
« traiter est vaste, et, en effet, je crois qu'il me serait
« facile de substituer à mon mémoire un fort gros vo-
« lume, où il serait un peu question de tout. Mais je
« comprends si bien l'ennui des lecteurs d'un pareil fatras
« que chaque édition manuscrite que je possède du fac-
« tum en question a été rognée, écourtée impitoyable-

« ment, et que je prends le parti de t'envoyer celle-ci,
« pour ne pas la détruire entièrement.

« Auras-tu le courage de la lire d'un bout à l'autre?
« J'en doute très fort. Cependant, je te prie de faire tous
« tes efforts pour en venir à bout, et de la remettre en-
« suite à M. le secrétaire de la Commission des *Annales*, si
« tu penses qu'on voudra bien l'imprimer, ou dans le cas
« contraire, de me la renvoyer.

« Voilà, mon cher ami, le service que je te prie de me
« rendre. Il me reste à justifier auprès de toi l'expression
« assez peu usitée d'*hydrologie* que j'ai adoptée, faute d'en
« trouver une plus convenable. L'hydraulique est une
« science parfaitement déterminée qui s'applique spéciale-
« ment au mouvement des eaux rassemblées dans un canal;
« l'hydrographie comprend seulement les études faites en
« mer, sur les côtes, etc., mais pour ce qui concerne le
« mouvement des eaux pluviales à la surface du sol aux
« points mêmes où elles tombent je n'ai trouvé aucune
« dénomination scientifique, sauf celle que j'ai adoptée. »

La note caractérisée d'une manière si expressive par l'auteur lui même, immédiatement lue et accueillie avec empressement, parut bientôt aux *Annales* (*) comme il le désirait, et reçut l'année suivante une des médailles d'or décernées par le suffrage des ingénieurs aux meilleurs mémoires insérés dans notre Recueil (**).

C'était avec un vif intérêt que nos lecteurs avaient étudié l'exposé de ces idées nouvelles fondées sur l'observation attentive des phénomènes naturels, et qui d'ailleurs enrichissaient le domaine de l'art de règles précises pour la détermination du débouché des ponts, et de considérations importantes sur le tracé et l'alimentation des canaux de navigation, sur la nature des terrains où il est possible

(*) *Études hydrologiques dans les granites et les terrains jurassiques formant la zone supérieure du bassin de la Seine*, 2e sem. 1846, p. 129.
(**) 2e sem. 1847, p. 379.

d'établir des canaux d'irrigation, sur la régularisation du débit des rivières et les moyens d'arrêter la marche des alluvions, sur le reboisement et l'influence du sous-sol sur les cultures; enfin sur l'application de ces principes au premier quart du bassin de la Seine. Les ingénieurs avaient désormais, dans les tournées qu'exige leur service, des points de comparaison, des sujets d'observations et d'études que l'initiative de Belgrand mettait en évidence et qui ne pouvaient plus leur échapper.

L'exposé du nouveau corps de doctrines sur lesquelles l'auteur de la science hydrologique appelait l'attention des ingénieurs avait donc produit des germes féconds qui ne tardèrent pas à éclore. Sous l'influence des besoins d'amélioration que ressentaient les meilleurs esprits après la révolution de 1848, un ingénieur éminent, qui lui-même avait débuté dans la carrière par un admirable travail sur *les torrents des Hautes-Alpes* (M. Surell), suggéra à l'administration l'idée de créer sur l'étendue entière du territoire des services spéciaux auxquels on donna le nom d'*hydrauliques* et où la nouvelle science devait trouver sa place. Belgrand n'avait été chargé que pendant quelques mois du service hydraulique de l'Yonne en 1849, des raisons d'économie ayant fait supprimer ce service peu de temps après la création.

Cependant il avait depuis plusieurs années réuni un assez grand nombre de documents pour présenter le résultat de ses premières études sur l'arrondissement d'Avallon. Une délibération du conseil général de l'Yonne, en date du 7 septembre 1849, montra le prix que les représentants éclairés du département attachaient à ce beau travail, qui fut inséré dans l'*Annuaire de l'Yonne* sous le titre : *Notice sur la carte agronomique et géologique de l'arrondissement d'Avallon*. Le même annuaire publiait aussi, sous le titre *hydrologie du département de l'Yonne*, des *études sur le régime des cours d'eau et les cultures*. Ces notices ne sont

guère que le développement et l'application à des contrées déterminées, des principes généraux qui eux-mêmes avaient été déduits d'observations étendues et suivies avec sagacité. Leur lecture est d'un vif intérêt, et fait comprendre l'accueil qu'elles ont reçu dans le département de l'Yonne.

Mais ce n'était pas seulement comme observateur profond, comme auteur d'ingénieuses synthèses, que Belgrand devait se faire connaître dans ce département. La petite ville où il résidait manquait d'eau. Une source existait à quelques kilomètres, séparée d'elle par un ravin de plus de 80 mètres de profondeur. Les anciens, qui nous ont laissé tant d'exemples d'ouvrages devant l'exécution desquels nous reculerions parfois à cause des dépenses qu'ils exigent, n'auraient pas eu d'autre solution que de faire franchir la vallée, sur un viaduc à arcades, aux eaux de la source. Les tuyaux en fonte étaient inconnus des Romains, qui ne savaient même pas étirer d'une seule pièce les tuyaux de plomb. Ce n'est que dans les temps modernes qu'on a commencé à substituer à ces magnifiques et ruineux monuments des conduites en fonte, simplement enfouies sous terre, mais infiniment moins coûteuses. Le siphon de Gênes, cependant n'avait que 50 mètres de flèche; celui de Phalsbourg, d'une flèche beaucoup plus grande était construit en petits tuyaux de $0^m,05$ de diamètre intérieur. Belgrand n'hésita pas à franchir par un siphon de 88 mètres de flèche, composé de tuyaux de fonte de $0^m,162$ de diamètre intérieur et de 1 270 mètres de longueur, le ravin au fond duquel roule le Cousin, et à établir ainsi une communication entre la ville d'Avallon et les eaux accumulées dans un réservoir placé à la partie supérieure d'un des flancs de la vallée. « Quoiqu'il ne pût exister « aucun doute pour tout homme de l'art, sur le succès de « l'entreprise, tous ceux qui y attachaient quelque intérêt « n'ont été complètement rassurés que lorsqu'ils ont vu

« l'eau couler dans les rues de la ville (*). » Il fallait bien que les critiques et les défiances, si mal fondées qu'elles fussent, eussent désagréablement impressionné Belgrand, car « vingt ans après, il l'a avoué, les vingt mille mètres « cubes d'eau de la Dhuis attendus à Paris le 2 août 1865 « lui ont causé moins de souci et apporté moins de « joie (**). »

La conduite libre amenant l'eau de la source au réservoir est en béton de ciment de Vassy de $0^m,10$ seulement d'épaisseur, et se compose d'une cuvette de $0^m,30$ de largeur et de $0^m,15$ de hauteur, recouverte d'une petite voûte en anse de panier de $0^m,30$ de largeur et de $0^m,11$ de flèche. Le volume est de $0^{mc},1375$ de maçonnerie par mètre courant, et le prix de $6^f,98$. Une conduite voûtée assez grande pour laisser passer un homme n'aurait pas coûté moins de 38 francs par mètre courant.

La voûte en calotte sphérique de 16 mètres de rayon et d'ouverture et de $2^m,14$ de flèche qui recouvre le réservoir de forme cylindrique, est formée de trois rangs de briques minces, posées à plat avec mortier et ciment de Vassy, ayant une épaisseur de $0^m,11$ seulement sans la chape et de $0^m,14$ avec la chape. Elle est recouverte d'une épaisseur de terre de $0^m,50$ et supporte ainsi un poids de 900 à 1000 kilogrammes par mètre carré, environ cinq fois l'ancienne charge d'épreuve d'un pont suspendu.

La description, insérée aux *Annales*, de ces travaux aussi hardis qu'économiques, valait encore à son auteur une des médailles décernées par le suffrage des ingénieurs (2e sem. 1851, p. 382).

Sa dette envers le département de l'Yonne, celle que tout fonctionnaire consciencieux contracte envers le pays

(*) Notice sur l'établissement d'une conduite destinée à amener les eaux du ru d'Aillon à Avallon, suivie de quelques considérations sur les ouvrages en ciment romain (*Annales des P. et Ch.*, 2e sem. 1850).

(**) *Éloge historique* par J. Bertrand.

où il sert, était largement payée. Appelé en 1852 au service de la navigation de la Seine entre Paris et Rouen, en même temps qu'il était promu au grade d'ingénieur en chef, il faisait paraître à la même époque sous le titre : *Études hydrologiques dans le bassin de la Seine, entre la limite des terrains jurassiques et Paris* (*Ann. des P. et Ch.*, 1er sem. de 1852), un nouveau mémoire faisant suite à sa première publication.

C'était à Avallon même qu'il avait rédigé ce travail, résultat d'explorations qu'il étendait bien au delà des limites de son service. On y trouve la suite et le développement de ses premières idées ; il fait ressortir l'importance des études géologiques pour guider l'ingénieur dans la conception et dans l'exécution des grands travaux ; il cite avec soin tous les cas où ces études peuvent trouver une application utile à l'art de l'ingénieur, depuis les tracés des voies de communication jusqu'à l'entretien des routes. Il donne un recensement complet des terrains des divers âges, les classe au point de vue de leur perméabilité variable, et fait ressortir le caractère des cours d'eau qui les sillonnent et des sources qui y prennent naissance.

Il était donc bien préparé à la mission dont le chargeait, en 1854, M. Haussmann alors préfet de la Seine, de rechercher les sources qui pourraient alimenter Paris. Quelques mois après il produisait la belle carte hydrographique du bassin de la Seine et désignait les sources qu'il lui fut donné d'amener : « eaux pures, limpides, fraîches, arri- « vant à une altitude telle que leur distribution à toute « hauteur d'étage se fît par la pente naturelle, sans ma- « chines, » suivant les termes du programme qui avait été arrêté.

Ici se présente une lacune considérable (heureusement momentanée) dans ses œuvres écrites. Les manuscrits des nombreux mémoires qu'il avait rédigés sur les dérivations des sources, sur les égouts collecteurs, etc., furent

détruits dans l'incendie de l'Hôtel-de-Ville, ainsi que les notes prises par lui chaque jour, pendant l'exécution des travaux, notes qui remplissaient plus de vingt-six cahiers d'écriture serrée. Il n'a pas assez vécu pour mettre au jour la description détaillée de ces grands travaux, description que, malgré cette perte cruelle, il avait recommencée et presque menée à bonne fin, et que nous devrons bientôt au zèle de ses principaux collaborateurs.

En attendant, on peut suppléer à cette lacune à l'aide de la notice rédigée à l'appui de sa candidature à l'Académie des sciences et de celle qui figure dans la publication faite à l'occasion des objets et documents exposés en 1878, par les divers services de la ville de Paris et du département de la Seine. Nous en extrayons les détails suivants.

La source de la Dhuis jaillit des terrains tertiaires lacustres situés au-dessous des marnes vertes de Montmartre, qui s'étendent sur toute la surface de la Brie. Elle est située sur le territoire de Pargny, canton de Condé-en-Brie, arrondissement de Château-Thierry. Le ruisseau qui porte son nom se jette dans le Surmelin, qui tombe lui-même dans la Marne. L'aqueduc qui dérive cette source suit d'abord la vallée de la Dhuis, puis celle du Surmelin, enfin celle de la Marne, qui l'amène jusqu'à Paris, sur les hauteurs de Ménilmontant, où elle arrive à l'altitude 108 mètres. La source au point de départ est à l'altitude 128 mètres. La pente de 20 mètres est répartie entre 114 kilomètres d'aqueduc, à raison de $0^m,10$ par kilomètre et un développement de 17 kilomètres de longueur de siphons composés de tuyaux de fonte de 1 mètre de diamètre à raison de $0^m,55$ par kilomètre. L'aqueduc est en tunnel sur 10 kilomètres. Aucun aqueduc n'avait jamais été établi avec une pente aussi faible, pente suffisante néanmoins, car elle donne à l'eau une vitesse de $0^m.30$ environ, qui est assez grande pour empêcher tout dépôt limoneux.

La forme de l'aqueduc est celle d'un œuf posé sur son gros bout. La section inférieure est un demi-cercle de $1^m,40$ de diamètre intérieur. La partie supérieure est une demi-ellipse dont le demi grand axe a $1^m,06$ de longueur et le demi petit axe $0^m,70$. L'épaisseur des parois est de $0^m,20$. Le titre hydrotimétrique de l'eau est 23 degrés ; elle est donc légèrement incrustante ; mais on a construit à l'origine de la dérivation un aqueduc double où il est possible de déposer des amas de meulières, au travers desquels on fait passer l'eau et qui favorisent le dépôt de l'excès d'acide carbonique, et par conséquent, le dépôt du carbonate de chaux. Grâce à ce procédé, l'eau rendue à Paris ne marque plus que 20 à 21 degrés à l'hydrotimètre et a cessé, par conséquent d'être incrustante. L'analyse de cette eau faite par M. Mangon au laboratoire de l'École, prouve qu'elle ne renferme pour ainsi dire que du carbonate de chaux et en petite quantité. Après avoir parcouru les 131 kilomètres d'aqueduc, elle est, à très-peu près, aussi riche en oxygène que l'eau de la Seine. Sa température, malgré la longueur du trajet qu'elle parcourt entre la source et Paris, peut être considérée comme constante, car elle ne s'élève en été, ne s'abaisse aussi en hiver que d'environ 1 degré. Le réservoir de Ménilmontant dans lequel les eaux s'emmagasinent, en contient 100 000 mètres cubes ; aussi en sortent-elles toujours parfaitement claires, quoique la source devienne légèrement louche en temps de grande pluie.

La Dhuis est distribuée dans les quartiers hauts de Paris, qui manquaient absolument d'eau au moment de l'annexion. Au-dessous de l'immense réservoir dont nous venons de parler, il s'en trouve un second, d'une capacité de 31 000 mètres cubes, qui reçoit de l'eau puisée dans la Marne et refoulée par des pompes que mettent en action huit moteurs, dont deux machines à vapeur horizontales Farcot, quatre roues Girard et deux turbines, dans la belle usine de Saint-Maur.

Les parties moyennes et basses de la ville sont alimentées par les eaux des sources réunies de la vallée de la Vanne. Cette rivière sort des terrains crayeux de la Champagne; sa source est dans le département de l'Aube, à Fontvannes, près d'Estissac, à 14 kilomètres de Troyes. La direction générale de son cours est de l'Est à l'Ouest et elle tombe dans l'Yonne un peu en amont de la ville de Sens.

Le débit moyen des sources que l'on a captées, est d'au moins 100 000 mètres cubes en 24 heures; elles n'en ont jamais donné moins de 73 000. Leur limpidité est admirable. Elles ne contiennent, pour ainsi dire, que du carbonate de chaux, dans la proportion de 17 à 20 centigrammes par litre (analyses de MM. Würtz et Mangon), ce qui correspond à un degré hydrotimétrique compris entre 17 et 20.

Des sources plus basses que celles qui arrivent directement dans l'aqueduc par la simple action de la gravité sont relevées par des pompes que des roues Sagebien et des turbines mettent en action.

L'aqueduc a 173 kilomètres de développement; il suit d'abord les coteaux de la rive droite de la Vanne, la rive droite puis la rive gauche de la vallée de l'Yonne, franchit successivement les faîtes séparatifs des vallées de l'Yonne, du Loing, de l'Essonne et de l'Orge, qu'il traverse en siphon, arrive et se développe sur le flanc droit de la vallée de la Bièvre, la passe à Arcueil sur un aqueduc de 77 arcades de 990 mètres de longueur totale, et en partie superposées à celles de l'aqueduc établi par Marie de Médicis, puis arrive enfin au réservoir de Montsouris, à l'altitude 80 mètres, après être parti de l'altitude $111^{m},17$.

La longueur des siphons est de 21 500 mètres, celle des souterrains de 41 900. Dans la longueur de 173 kilomètres sont compris 16 223 mètres d'aqueduc de captation de sources, et de plus un aqueduc collecteur de

20 386 mètres de longueur. Chaque siphon se compose de deux conduites en fonte de 1^{m},10 de diamètre intérieur.

L'aqueduc est un cylindre à base circulaire de 2 mètres de diamètre, dont les parois ont de 0^{m},20 à 0^{m},28 d'épaisseur. Sa pente est de 0^{m},10 à 0^{m},13 par kilomètre, celle des siphons de 0^{m},55.

Les réservoirs de Montsouris, auxquels aboutit l'aqueduc de la Vanne, surpassent encore en étendue et en volume celui de Ménilmontant. Ils occupent une superficie de plus de 3 hectares et se composent de deux étages de bassins pouvant contenir ensemble 275 000 mètres cubes d'eau. Ils affectent la forme d'un vaste rectangle de 265 mètres de longueur sur 136 mètres de largeur, divisé à chaque étage en deux parties égales par un mur de séparation. L'étage supérieur peut contenir, sur une hauteur de 3^{m},55, un volume de 110 000 mètres cubes d'eau à l'altitude de 80 mètres; et l'étage inférieur, sur une hauteur de 5^{m},50, un volume de 165 000 mètres cubes à l'altitude de 74^{m},50.

Ce qui distingue les réservoirs établis par Belgrand de tous ceux qui avaient été construits jusqu'alors, c'est la couverture légère qui les met à l'abri de l'action du soleil et de la gelée. Les voûtes d'arêtes qui forment cette couverture ont de 4 à 6 mètres d'ouverture, et leur épaisseur, enduit compris, ne dépasse pas 0^{m},08; elles portent une couche de terre qui s'élève à 0^{m},40 au-dessus de la clef. Ménilmontant et Montsouris offrent ainsi la répétition, sur une très grande échelle, de la construction hardie que Belgrand avait adoptée dès les premiers temps de sa carrière pour la couverture du réservoir d'Avallon.

Cette hardiesse a été couronnée d'un succès complet à Ménilmontant, et même finalement à Montsouris (*). On

(*) On sait que, sous l'influence de dilatations excessives produites par une température exceptionnelle, une partie des voûtes de Montsouris, que la couver-

comprend d'ailleurs les vives inquiétudes qui assaillirent l'ingénieur chargé de l'exécution du premier de ces réservoirs lorsque, le jour de l'inauguration, une foule compacte, désireuse d'approcher, vint à briser la barrière de l'enceinte et à se répandre tumultueusement au-dessus du terre-plein reposant sur des voûtes si minces.

Cet ensemble de remarquables travaux constitue certainement le plus beau titre de Belgrand comme constructeur, en même temps que comme auteur de la solution d'un problème très difficile. « On pourra, » me disait un jour un des membres les plus éminents de l'ancienne commission municipale, « critiquer une partie des travaux d'édilité auxquels nous avons présidé; mais il en est une qui ne sera pas contestée, celle qui a doté Paris de plus de cent mille mètres cubes par jour d'une eau admirable. »

Lorsque Belgrand prit le service des eaux, Paris n'en recevait pas 87 000 mètres cubes; vingt-quatre ans plus tard, au moment où la mort le surprenait, cette quantité ne s'élevait pas à moins de 400 000 mètres cubes.

Les égouts de Paris ne lui doivent pas de moindres perfectionnements; non pas que ses prédécesseurs, Girard, Emmery, Mary, Dupuit, Michal, n'eussent apporté aux travaux souterrains des développements analogues à ceux qu'ils avaient donnés à l'approvisionnement et à la distribution des eaux. Mais enfin la longueur des égouts, qui n'atteignait pas 25 kilomètres au commencement du siècle dépasse aujourd'hui 600 kilomètres.

Le système actuel se compose de trois collecteurs principaux : celui de rive droite, qui conduit à Asnières les eaux d'un bassin de 2 550 hectares; celui de rive gauche ou de

---

ture en terre ne garantissait pas encore, s'était écroulée en cours d'exécution. Ce qui est moins connu, c'est que la dépense de reconstruction de la maçonnerie détruite n'a été que 70 000 francs, c'est-à-dire 1 pour 100 de la dépense totale de 7 millions, prix du réservoir. On peut souhaiter à tous les constructeurs de n'avoir jamais à subir de pires mécomptes.

la Bièvre, qui se jette dans le précédent à Clichy, après avoir passé en siphon sous la Seine au pont de l'Alma, et dont le bassin a dans Paris une étendue actuelle de 2 700 hectares; enfin le collecteur du Nord, qui recueille les eaux des hauts plateaux de rive droite sur une étendue de 1 200 hectares, et aboutit à Saint-Denis, non sans avoir envoyé à Gennevilliers, par une rigole de dérivation, la majeure partie de ses eaux.

Le réseau des égouts secondaires n'est pas encore achevé, mais il est très avancé. En principe chaque rue doit être pourvue d'un égout si elle a moins de 20 mètres de largeur, de deux égouts si elle a 20 mètres ou davantage. Il y a dans Paris, en nombre rond, 870 kilomètres de rues dont la canalisation complète exigerait 1 040 kilomètres d'égouts. Sur ce total, à peu près 610 kilomètres sont faits, et par conséquent 430 restent à faire (*).

La section transversale ne compte pas moins de quinze types différents suivant la quantité d'eau que l'égout doit recevoir, la pente longitudinale qu'il est possible de lui donner, et enfin le diamètre des conduites d'eau pure à y poser. Tous ces types, malgré leur variété de forme, ont un caractère commun : c'est leur légèreté, l'emploi raisonné d'un minimum de matière (**).

A l'exception des égouts à petite section dont le curage se fait au rabot comme partout, les moyens de curage imaginés sont aussi simples qu'ingénieux. Le *wagon à bascule*, dans les égouts à rails avec petite

(*) Ces renseignements numériques et ceux qui précèdent, se rapportent à l'époque qui a précédé l'exposition universelle de 1878. Les collaborateurs principaux de Belgrand, MM. Buffet, Huet, Couche et Mille ont complété avec un soin pieux la notice qu'il avait préparée pour cette exposition, notice à laquelle nous faisons de larges emprunts.

(**) Belgrand se plaisait à reconnaître toute la part que M. Mille avait prise à l'adoption de ces formes imitées de types d'origine anglaise qui avaient été d'ailleurs décrits pour la première fois dans nos *Annales* par Mougey. (2e semestre 1858, p. 129.)

cunette, le *wagonnet* dans les galeries transversales aux collecteurs, le *wagon-vanne* dans les égouts à banquettes munis de rails, et à plus large cunette, fonctionnent de la manière la plus satisfaisante et la plus économique. La vanne étant abaissée presque entièrement à l'aide d'un engrenage, les eaux se relèvent à l'amont de ce barrage, passent avec violence sous la vanne et par deux ouvertures qui y sont ménagées, chassent les matières qu'elles rencontrent sur le radier, et font elles-mêmes, par leur pression sur la face amont de la vanne, avancer le wagon d'un espace égal à celui qu'elles ont rendu libre.

Les très larges cunettes des collecteurs sont nettoyées par le même procédé ; seulement le wagon est remplacé par un bateau dont l'avant porte la vanne. Ce procédé a pris une nouvelle forme pour le curage du siphon de l'Alma. Les deux tubes sont formés de plaques de tôle de $0^{m},02$ d'épaisseur, cintrées à chaud et assemblées au moyen de couvre-joints et de rivets à tête fraisée, de manière à présenter à l'intérieur une surface parfaitement lisse. Une boule en bois de $0^{m},85$ de diamètre est placée à la bouche d'amont du siphon ; elle est entraînée par l'eau, animée d'une vitesse due à la perte de charge, qui est de $0^{m},50$ d'une extrémité à l'autre. En vertu de sa légèreté spécifique, la boule roule sur la génératrice supérieure du tube, et si elle rencontre un obstacle, le courant rapide qui s'établit en dessous, par le vide de $0^{m},15$, suffit pour chasser cet obstacle : « c'est la chasse continue du wagon et du bateau vanne. »

Belgrand ne s'est jamais défendu d'une prédilection particulière pour cette partie de son œuvre, que son éminent panégyriste a justement appelée grandiose. Il s'est mainte fois complu à guider lui-même de nombreux visiteurs dans de longues promenades souterraines où l'on circulait tantôt à pied sur les banquettes latérales, tantôt dans des wagons roulant sur voie de fer, parfois

enfin dans un bateau flottant sur ces eaux impures. Les membres du conseil municipal, des fonctionnaires de l'ordre le plus élevé, des ingénieurs et des édiles de tous pays, des princes, des souverains, des dames même l'ont accompagné dans les détours de ce noir tartare, plus frappés peut-être « de la disposition savante et simple de l'ensemble, de la propreté imprévue des détails (*), » que charmés de cette promenade au milieu d'immondices, si largement étendues d'eau qu'elles fussent dès lors. L'expérience saisissante du passage de la boule à travers le siphon de l'Alma terminait ordinairement la visite. Pendant les deux ou trois minutes que dure ce passage, les curieux groupés autour du bassin de dégorgement ne tardent pas à entendre les premiers retentissements d'un bruit sourd produit par les chocs successifs du flotteur contre les parois métalliques du tuyau; le bruit devient de plus en plus retentissant, et la boule, dont l'approche est signalée par un flot d'épaisses et noires immondices, sort enfin, toute prête à recommencer le trajet qu'elle vient d'accomplir.

Il n'est pas possible, dans un cadre aussi restreint que le nôtre, d'entrer dans les détails de ces travaux, dont nous venons à peine d'esquisser l'ensemble; on y verrait à chaque instant des conceptions ingénieuses fondées sur la mise en œuvre des idées les plus simples. Pour en citer un dernier exemple, parlons du drainage de nature spéciale destiné à prévenir en temps de crue les inondations des caves dans les quartiers bas.

On sait depuis longtemps que l'inondation des caves due à l'exhaussement de la nappe d'eau souterraine ne se produit qu'à la suite de longues et abondantes pluies. Mais alors le débit des dérivations qui alimentent Paris, de l'Ourcq, de la Dhuis, de la Vanne, augmente considérable-

(*) J. Bertrand, *loc. cit.*

ment et dépasse les besoins de la consommation qui précisément dans une pareille saison se réduisent d'une manière notable. Ces deux remarques si simples, connues de tous ceux qui s'étaient occupés des eaux de Paris, Belgrand les rapproche. Pour lui, un excès d'eau à distribuer devient de la force motrice qu'il emploie à épuiser presque gratuitement les eaux de la nappe submergeante, c'est-à dire sans autre dépense que les frais de premier établissement de drains et de pompes. Le premier et le seul appareil de ce genre a été installé place du Palais-Bourbon et a fonctionné en desservant 300 mètres de longueur de drains et en n'ayant à pomper qu'une quantité d'eau extrêmement inférieure aux 13 litres par seconde que peut donner la machine.

Pendant qu'il vaquait à la conception et à l'exécution de ces travaux, il trouvait le temps de poursuivre les recherches qui avaient signalé le début de sa carrière et d'en tirer une application des plus utiles. Les riverains d'un fleuve, les bateliers qui le fréquentent, ont le plus grand intérêt à être avertis un peu d'avance des oscillations du niveau, surtout lorsqu'il s'agit d'un mouvement ascendant. Faute d'un avis donné à temps, les récoltes non rentrées, les denrées de toute nature emmagasinées sur les quais et les ports peuvent être perdues ; des bateaux peuvent sombrer sous des amarres insuffisantes ; souvent même des maisons sont envahies et submergées, au moins entourées de toutes parts, sans que les habitants aient pu les quitter et pourvoir à leur sûreté. Mettant en œuvre les données relatives au plus ou moins de perméabilité des terrains compris dans le bassin de la Seine, aux quantités de pluie ou de neige tombées et surtout aux variations de niveau constatées en un certain nombre de points choisis sur les principaux affluents, Belgrand, dignement secondé par un jeune ingénieur M. G. Lemoine, ne tarda pas à trouver des règles pratiques à l'aide desquelles on peut prédire au moins

trente-six heures, et parfois trois jours d'avance le niveau auquel la Seine s'élèvera dans la traversée de Paris. Ces règles ont été présentées par lui sous deux formes différentes (*).

La première, dont il s'est servi dès 1854, suppose que la rivière, au moment où l'on fait l'annonce, est étale ou croissante. On peut l'appliquer indifféremment aux différentes échelles de Paris pourvu que ces échelles soient soumises à un régime *naturel*. Comme actuellement, par les eaux basses et moyennes, il n'y a plus que l'échelle du pont d'Austerlitz qui ne subisse presque pas d'influences artificielles, c'est pour le pont d'Austerlitz que les annonces se font toujours.

La *montée*, à Paris (pont d'Austerlitz), s'obtient en prenant le double de la moyenne des *montées* observées sur les *huit* rivières suivantes :

Yonne, à Clamecy;
Cousin, à Avallon;
Armançon, à Aisy;
Marne, à Chaumont;
Marne, à Saint-Dizier;
Aisne, à Sainte-Menehould (pont des Bois);
Aire, à Vraincourt (près Clermont en Argonne);
Saulx, à Vitry-le-Brûlé.

Dans la seconde règle, on fait intervenir l'influence des cours d'eau de la Brie, situés aux portes de Paris, et qui n'éprouvent de crue qu'après une série de pluies prolongées. Elle consiste en ce que, la montée à Paris (pont d'Austerlitz) s'obtient en prenant le double de la moyenne des montées observées sur les *sept* rivières suivantes :

Yonne, à Clamecy;
Cousin, à Avallon;

(*) Nous devons l'exposé de ces règles à M. G. Lemoine, le collaborateur et le continuateur de cette partie du service de Belgrand.

Armançon, à Aisy;
Marne, à Chaumont;
Marne, à Saint-Dizier;
Aire, à Vraincourt (près Clermont en Argonne);
Grand-Morin, à Pommeuse (près Coulommiers).

Les eaux de l'Aire, à Vraincourt, n'aboutissent à la Seine qu'en aval de Paris; l'Aire, qui est très sensible à l'influence des pluies, n'en représente pas moins ce qui se passe dans les régions voisines aussi bien que le ferait l'Ornain, par exemple.

Lorsque la Seine, au lieu d'être étale ou croissante au moment où on fait l'annonce, se trouve être en décroissance, il devient beaucoup plus difficile de prévoir la montée, car le flot qui arrive est en partie employé à combler le vide dû à la décroissance. Quand la baisse, dans les jours qui précèdent l'annonce, est à Paris de quelque chose comme 0^m25 par jour, on peut réduire d'un quart le résultat des règles précédentes, c'est-à-dire multiplier par 1,50 au lieu de 2,00 la moyenne des montées sur les petites rivières prises comme types.

La montée de l'Armançon, à Aisy, est en général aujourd'hui remplacée par la moyenne des montées de l'Armançon à Semur et de la Brenne à Montbard, parce qu'il n'y a pas de télégraphe à Aisy.

Pour être de forme empirique, ces règles n'en sont pas moins en réalité fondées sur des observations d'un caractère scientifique. Les relevés de hauteur publiés depuis 1854 sous la direction de Belgrand, ou après lui, conformément à ses traditions, sur trente-six cours d'eau du bassin de la Seine, forment une collection presque unique en ce genre. L'influence que ces affluents ont sur la Seine elle-même est très variable, suivant qu'ils sont torrentiels ou tranquilles. Les premiers, alimentés par des versants imperméables sont les seuls qui produisent la montée d'une crue; les cours d'eau tranquilles dont les versants

sont perméables ne font que soutenir cette crue. Les terrains perméables étant très dominants dans le bassin de la Seine, les crues sont de très longue durée. Non seulement la portée de la crue du fleuve s'ajoute à celle de chaque affluent, mais encore les portées de plusieurs crues se succédant à quelques jours d'intervalle, peuvent s'ajouter les unes aux autres. La crue du fleuve peut donc aller en augmentant depuis les sources jusqu'à la mer, et il faut plusieurs crues des affluents passant l'une après l'autre à de courts intervalles pour produire une crue extraordinaire.

La plus grande crue connue de la Seine, celle de 1658, est due à deux crues des affluents; celle de 1740 à cinq crues; celle de 1802, la plus grande du siècle, à quinze crues successives.

Ces phénomènes sont excessivement rares.

Dans cet ordre d'idées, Belgrand avait choisi un certain nombre d'affluents à versants imperméables sur lesquels on faisait les observations. Il ne portait pas en ligne de compte les cours d'eau tranquilles des terrains perméables, tels que la Seine elle-même avant son confluent avec l'Yonne; elle ne fait que soutenir la crue sans influer sur sa hauteur maximum.

Les annonces de crues dues au *service hydrométrique du bassin de la Seine* ont été, depuis près de vingt ans, d'une extrême utilité. Des services analogues ont été successivement organisés dans les bassins de tous les grands fleuves du territoire, et sont appelés à donner aux populations des avis salutaires qu'elles apprécient chaque jour davantage. Tous ces services, y compris celui du bassin de la Seine qui avait conservé jusqu'à ces derniers temps son autonomie, sont placés sous le contrôle de la *Commission des annonces de crues.*

La multiplicité des occupations que lui imposait la direction et la surveillance active des services variés dont il était

chargé ne l'empêchait pas de rédiger et de publier tout ce qu'il jugeait utile de faire connaître. La liste de ses écrits est considérable ; nous la donnons à la fin de cette notice, aussi complète qu'il nous a été possible de le faire. En présence de cette masse prodigieuse d'œuvres, toutes riches en observations précises, en rapprochements ingénieux, en règles utiles, on est tenté de se demander comment il a pu mener de front des travaux d'une nature aussi variée et d'une aussi grande étendue. L'explication en est dans le genre de vie qu'il avait adopté : levé de très grand matin, il consacrait au travail de cabinet les premières heures de la journée ; l'après-midi était employée à travailler avec ses ingénieurs et à recevoir les personnes que des affaires de service amenaient près de lui. Il sortait rarement le soir et se délassait en famille et au contact de quelques amis des fatigues de la journée. La veillée n'était jamais longtemps prolongée, de manière à ne pas retarder le travail du lendemain. De fréquentes tournées venaient faire diversion à cette vie sédentaire et le mettre à même d'exercer une surveillance active sur tous les travaux en cours d'exécution.

La nature et l'étendue des services qu'il rendait n'avaient pas tardé à lui valoir, de la part de l'administration, l'avancement et les distinctions qu'il méritait si bien. Promu au grade d'Inspecteur général de deuxième classe en 1867, il avait été élevé à la première classe de ce grade en 1874. Il était officier de la Légion d'honneur lorsque la guerre éclata, en 1870.

Pendant le siège de Paris, il contribua à la défense, comme tous les ingénieurs qui s'y étaient alors volontairement enfermés, et parmi lesquels le personnel attaché à la Ville et au département de la Seine se distingua particulièrement. Les services signalés qu'il rendit alors furent récompensés par la croix de commandeur, en janvier 1871. Il n'avait pourtant rien fait pour attirer l'attention sur

la manière dont il avait su assurer à une population de 2 400 000 âmes l'approvisionnement journalier des eaux, l'évacuation des eaux d'égout et des vidanges, en un mot faire marcher les choses sans qu'on s'aperçût des embarras que causait la suppression des ouvrages du dehors; maintenir enfin ses ouvriers dans le calme et le devoir malgré les excitations des derniers temps. Un de ses amis le félicitant de cette réserve modeste, « Lorsque ma femme est malade et que je la soigne, » répondit-il, « je ne le fais pas annoncer par le journal. »

La même année, une distinction d'un autre genre vint couronner sa carrière scientifique : le 28 août il était élu académicien libre en remplacement de M. Duméril. Les concurrents s'étaient retirés devant lui et il avait été élu à l'unanimité des suffrages. Ses communications à l'Académie ont été assez nombreuses, et toujours accueillies avec intérêt; car il parlait avec autorité, n'abordant que des sujets où il était passé maître.

A cette époque, les plus importants de ses travaux étaient achevés ou sur le point de l'être; il put donc consacrer plus de temps à la rédaction d'ouvrages où il exposait l'ensemble des idées qu'il avait conçues et successivement développées dans le cours de sa carrière, et dont une partie avait été l'objet de notices et de mémoires insérés dans divers recueils, notamment dans nos *Annales*, dans l'*Annuaire de la Société métérologique*, etc., etc. La Ville publiait en 1869, comme partie intégrante de l'*Histoire générale de Paris* sous le titre LA SEINE — *Le bassin parisien aux âges anté-historiques,* trois beaux volumes dont deux consacrés aux planches de paléontologie, de géologie et de conchyliologie. Il serait impossible de donner une analyse même succincte de ce grand ouvrage sans sortir des limites que nous devons nous imposer. Il nous suffira de dire que, non content de faire connaître par des observations précises le climat, la géologie, le régime des eaux,

les cultures, la répartition des animaux, en un mot tous les éléments hydrologiques dans les différentes parties du bassin de la Seine, il a cherché à esquisser à grands traits la physionomie de ce bassin aux époques antérieuresà toute tradition historique.

Les cailloux roulés, le limon fluviatile, les ossements de grands animaux disparus, sont comme des jalons qui permettent de tracer les rives anciennes. Le fleuve occupait deux kilomètres à la hauteur de Corbeil six à Paris, et baignait des terrains de 40 mètres plus élevés qu'aujourd'hui. On a pu distinguer nettement un régime intermédiaire entre cet état ancien et le régime actuel. Des débris de l'industrie humaine ont été recueillis à des niveaux différents ; les plus anciens, appartiennent à l'âge de la pierre simplement taillée ; un niveau beaucoup plus abaissé fournit les objets en pierre polie, parfois même en bronze. Un long intervalle de temps s'est écoulé entre les deux époques ; une race d'hommes nouvelle semble avoir remplacé la première, venant de loin et apportant avec elle des ustensiles et des objets tirés de pierres que ne fournissait pas la contrée. Cependant des fabriques d'armes et d'outils en pierre s'étaient établies sur les bords mêmes du fleuve; certains amas qu'on y a découverts en donnent la preuve. L'accumulation des ossements que l'on trouve dans les anses que formaient autrefois les rives du fleuve s'explique quand on sait ce qui se passe dans les régions tropicales où vivent encore des pachydermes de taille colossale. Chaque soir, vers le coucher du soleil, des troupeaux tumultueux d'éléphants, de rhinocéros, etc., se précipitent sur la rive accoutumée pour s'abreuver avidement; mais ils se poussent, s'étouffent, s'écrasent même, il y a souvent quelque victime qui périt sur place. Est-ce à dire que le niveau des eaux était réellement alors de 40 mètres plus élevé qu'actuellement? Assurément non; ce sont les bords, c'est la contrée entière qui se sontr elevés graduellement,

en général, sauf un saut brusque entre deux longues périodes d'exhaussement continu et très lent. Telles sont les idées que Belgrand expose dans son beau livre et qu'il se plaisait à communiquer à ses amis, avant de les avoir publiées, donnant alors à ses récits des couleurs qui charmaient, à ses déductions « une abondance de preuves qui, « sans forcer toutes les convictions, rendait la contradic- « tion difficile (*). »

Continuant l'œuvre dont ce premier livre n'était que l'introduction, Belgrand comptait enrichir l'*Histoire de Paris* d'une monographie complète des travaux dont il avait la direction ; il commençait par l'exposé des faits et des principes qui l'avaient guidé dans la conception de l'ensemble ; il faisait connaître l'histoire des travaux qui avaient précédé les siens, en remontant jusqu'à l'époque romaine. Le tout devait être imprimé aux frais de la Ville. Des difficultés financières d'abord, puis les désastres de 1870-71 arrêtèrent la publication. Il s'en fallut même de peu que la seconde partie de cet immense travail ne fut complètement perdue dans l'incendie de l'Hôtel-de-Ville, où Belgrand conservait les documents relatifs à son service. Heureusement M. Dumas avait présenté le manuscrit à l'Académie des sciences dans la séance du 10 décembre 1870, et en avait autorisé le dépôt à la bibliothèque de l'Institut, qui fut épargnée par l'insurrection communarde. Un éditeur encouragé par une souscription s'est chargé de la publication, et l'auteur a eu la satisfaction de faire paraître successivement, sous le titre général : LES TRAVAUX SOUTERRAINS DE PARIS, trois volumes dont les titres sont : 1° *Études préliminaires. La Seine. Régime de la pluie, des sources, des eaux courantes. — Application à l'agriculture*, 1873. 2° *Première partie. — Les eaux. Introduction. — Les aqueducs romains*, 1875. 3° *Première partie. Les eaux. — Première section. Les anciennes eaux*, 1877.

(*) J. Bertrand, *loc. cit.*

Chacun de ces volumes, accompagné d'un atlas in-folio, renferme un nombre prodigieux d'observations générales et de détails, de faits historiques, de données numériques, et ne se prêterait que bien difficilement à une courte analyse. Belgrand a certainement voulu y résumer l'ensemble des connaissances et des travaux auxquels il a consacré presque toute sa carrière. D'un style naturel et dénué de toute recherche, ces écrits sont riches en vues ingénieuses et remplis d'une érudition de bon aloi. On ne saurait trop en recommander la lecture, non seulement à ceux qui s'occupent des questions d'édilité, mais même à tous les ingénieurs. Ils contiennent la matière d'un nombre considérable de mémoires et même de traités spéciaux qui mériteraient certainement les honneurs d'une publication séparée. Parmi les questions qui y sont traitées et résolues, il n'en est guère où les principes et les opinions même, émis par Belgrand, n'aient été généralement adoptés. Cependant sur le rôle des forêts et sur l'utilité des reboisements il s'est prononcé dans un sens peu favorable à l'opinion dominante. On attribue ordinairement aux déboisements des changements de climat, au moins en ce qui concerne la répartition des pluies suivant les saisons, et les inondations que l'arrivée subite de chutes d'eau torrentielles produit dans les vallées. On a même été jusqu'à préconiser les reboisements généraux, quels que soient la nature et le relief du sol, comme une sorte de panacée d'où résulteraient la régularisation des pluies, la naissance ou la réapparition de sources pérennes, et un moyen préventif contre ces débordements imprévus qui désolent les vallées de la plupart de nos grands fleuves et qui font tant de victimes. Les plaidoyers en faveur de cette extension exagérée des forêts avaient, il est vrai, rencontré des contradicteurs. Un homme d'esprit avait prétendu qu'il s'agissait, pour les populations, d'un choix à faire entre du pain et des fagots. Sans aller aussi loin, Belgrand, dès l'origine de ses études hydrolo-

giques, annonça que les bois, au moins dans des montagnes d'une élévation médiocre comme celles de la Seine ne diminuaient sensiblement ni la quantité ni la vitesse d'écoulement des eaux pluviales; donnant pour exemples d'abord, qu'une pluie de quatre jours, tombée sur une vallée très boisée, celle de la Cure, produit une crue de quatre jours également; ensuite que l'arrivée au thalweg d'une pluie tombant sur les flancs de deux vallées, l'une déboisée, l'autre entièrement couverte de bois, se fait dans les mêmes conditions d'abondance et de vitesse. Le seul effet certain qu'il reconnaisse à la végétation arborescente, c'est la consolidation du sol par les racines, et la résistance au ravinement qui en résulte pour les terrains en pente. Mais encore peut-on obtenir le même résultat par de simples gazonnements. Il opposait même à l'avantage prétendu des forêts, pour retarder l'arrivée des eaux pluviales au thalweg, le dilemme suivant: ou les versants qui reçoivent la pluie sont perméables et les vallées ne reçoivent que des quantités d'eau insignifiantes; ou ils sont imperméables, et alors, boisés ou non, ils laissent arriver immédiatement au thalweg toute l'eau tombée sur leurs flancs. Moins absolu dans les derniers temps, en ce qui concerne l'influence purement négative des forêts sur les éléments météorologiques, il se bornait à demander des observations entreprises et suivies dans un esprit purement scientifique pour éclairer la question.

Ces observations ont eu lieu. Faites pendant onze ans par l'École forestière aux environs de Nancy elles ont conduit à des conclusions qui, dans une certaine mesure, justifient l'opinion vulgaire (*). Ainsi la pluie est plus abondante en pays boisé qu'en pays découvert. Compen-

(*) *Météorologie comparée agricole et forestière.* Rapport à M. le sous-secrétaire d'État, Président du Conseil d'administration des forêts, par M. A. Mathieu, sous-directeur de l'Ecole forestière. Imprimerie Nationale, 1878.

sation faite de la plus grande abondance des pluies et de l'eau qu'intercepte le couvert des arbres, le sol forestier est aussi bien ou mieux abreuvé que le sol nu des régions agricoles. L'évaporation de l'eau est beaucoup plus forte en sol découvert qu'en sol boisé; elle est le double en hiver, le quintuple en été; pour toute l'année elle est au moins trois fois plus grande. Le sol des forêts, qui reçoit autant et plus d'eau que le sol nu, la retient donc avec beaucoup plus d'énergie; la végétation et l'alimentation des sources y trouvent leur profit. L'action thermique régulatrice des forêts, mise en évidence par les mêmes observations, est aussi très remarquable, contrairement à l'opinion qui attribuait à l'ancienne Gaule, au temps où elle était couverte de forêts, un climat excessif, tandis qu'elle devait avoir des hivers moins rigoureux, des étés moins chauds, au moins dans les parties boisées.

Un travail très important de M. Lauterburg, ingénieur du canton de Berne, sous le titre : *De l'influence des forêts sur le régime des sources et des rivières*, expose un nombre considérable de faits et d'expériences empruntés à la France, à l'Allemagne et à la Suisse, et qui concordent parfaitement avec les résultats qui viennent d'être énoncés. Les témoignages qu'il invoque sont ceux de M. Fautrat, inspecteur des forêts, auteur d'une météorologie forestière insérée dans les rapports de la commission météorologique du département de l'Oise; du Dr Ebermayer, professeur à Aschaffenbourg (Bavière); de M. Faukhauser, forestier en chef cantonal à Berne; de M. Landolt, professeur et forestier en chef à Zurich; de M. Aebi, ingénieur de district à Interlaken. Les observations de M. Fautrat ont été faites à l'intérieur, à l'extérieur et au-dessus de la forêt d'Halatte (Oise), qui n'a pas moins de 5 000 hectares de superficie. Elles conduisent à des conclusions identiques à celles de l'École de Nancy. Il en est de même de celles de M. Faukhauser, qui a opéré simultanément en trois endroits diffé-

rents, dans une forêt de mélèzes près d'Interlaken, dans la forêt de Lohr, et enfin dans une forêt de hêtres près de Porentruy. M. Landolt a constaté l'augmentation que les déboisements produisent dans la rapidité des crues; il cite comme exemple celles du Weissbach, dans le canton d'Appenzell, qui s'accomplissent en une heure et qui, avant le déboisement, en exigeaient trois. M. Aebi cite, entre autres transformations inverses l'une de l'autre : la Sylern, qui franchissait une route au moyen d'une coulisse et qui, à la suite d'une coupe blanche, est devenue torrentielle et a nécessité la construction d'un pont de $3^{m},60$ de largeur sur autant de hauteur; le torrent Dangelgraben, devenu un ruisseau paisible qui traverse la route d'Aarmühle à Zweilütschinen au moyen d'une simple rigole, après le reboisement du bassin.

Il ne serait pas difficile de trouver des exemples analogues dans d'autres régions. Près de la saline de Tilega, au pied du versant méridional de la chaîne des Carpathes, en Valachie, un cours d'eau descendant de la montagne était autrefois bordé de maisons. L'auteur de cette notice a vu, en 1852, la dernière de ces constructions; toutes les autres, à la suite de déboisements opérés sur une grande échelle, avaient été successivement enlevées par les crues du ruisseau devenu torrentiel.

Depuis longtemps des voyageurs avaient signalé des faits qui étaient de nature à faire entrevoir la puissance de condensation exercée par les forêts sur les vapeurs aqueuses. Dans le récit de la première ascension qu'il tenta pour parvenir au cratère du Pichincha, par une sereine journée d'avril (le 14 avril 1802), Alexandre de Humboldt raconte que, parvenu à une certaine hauteur et se trouvant en pleine lumière, il entrevoyait à l'horizon la nappe de l'Océan Pacifique illuminée par le soleil comme la région élevée où il était, tandis qu'une épaisse vapeur recouvrait dans toute leur étendue les vastes plaines recouvertes d'une

riche végétation forestière. Cette observation de l'illustre voyageur fut un trait de lumière pour le jeune ingénieur auquel il avait confié l'épineux honneur de traduire, pour l'insérer aux *Annales des Mines* (*), ce récit publié en allemand. Peu d'années auparavant, dans une tournée de service, entre Quintin et Uzel, il traversait la forêt de Lorges et le faîte entre les deux mers qui baignent les côtes du Nord et du Midi de la péninsule armoricaine. En plein soleil à la sortie de Quintin, il voyait peu à peu le ciel se couvrir aux approches de la forêt, et la pluie succéder au beau temps pendant le trajet sous bois; puis, vers la lisière méridionale, la pluie diminuant et cessant tout à fait, il retrouvait le soleil à la sortie de la forêt. D'informations prises et dûment contrôlées, il résultait qu'on n'avait eu de pluie ni à Quintin ni à Uzel. Le fait n'était pas resté inaperçu; mais le récit de M. de Humboldt venait à la fois le confirmer et l'illustrer de manière à ne laisser aucun doute, dans l'esprit de l'observateur, sur le rôle comparable à celui d'un chapiteau d'alambic, que les forêts sont souvent appelées à remplir, surtout dans les régions accidentées. Les observations des ingénieurs forestiers de tous pays, précédemment citées, permettent cette interprétation; Belgrand, qui, au surplus, n'avait jamais rien articulé d'absolument contraire, et qui se bornait à émettre des doutes, se serait certainement rendu à l'évidence.

La mort l'a surpris avant qu'il ait pu terminer sa grande publication par la description des ouvrages qui ont doté Paris de ces eaux si abondantes et si pures, qui l'ont nettoyé et assaini par un système d'égouts si savamment combiné; ensemble qui assure à son nom une célébrité durable. Mais de fidèles collaborateurs, profitant des notes

(*) *Observations géognostiques et physiques sur les volcans du plateau de Quito.* (Ann. des Mines, t. XVI, 1839.)

nombreuses qu'il avait laissées, ont préparé le 4e volume des *Travaux souterrains de Paris.*

L'appréciation de l'œuvre de Belgrand comme constructeur a donné lieu à quelques critiques. Assurément l'ensemble des travaux qu'ont exigés les distributions d'eau dont il a enrichi tant de villes, à commencer par Avallon, à finir par Paris, la canalisation souterraine de notre capitale, dans leur contexture générale et dans les détails d'exécution, donnent la preuve du sens profond qui dominait dans toutes ses conceptions. Mais on lui a reproché de s'être montré trop insoucieux de la forme et parfois même de s'être tenu trop près de la limite des dimensions nécessaires à la stabilité des ouvrages. On peut d'abord répondre que presque jamais, jusqu'à présent, dans un ensemble qui n'a guère coûté moins de 200 millions, l'insuccès n'est venu condamner des combinaisons qui, si hardies qu'elles fussent, avaient été mûrement réfléchies. Alors même que la durée de quelques-unes de ses constructions ne répondrait pas au but principal qu'il s'était proposé en les élevant, on ne devrait pas moins respecter en lui jusqu'à l'exagération d'un principe qui lui était inspiré par les plus nobles intentions. « N'introduire dans une « construction rien de superflu, » disait-il dans les derniers temps à l'un de ses collaborateurs les plus appréciés, « cela fait partie de la probité de l'ingénieur. » Ce mot explique et justifierait même les défectuosités qu'on a pu signaler, qu'on reconnaîtra peut-être plus tard dans certaines parties de ses constructions. Quel courage ne faut-il pas à un ingénieur pour adopter, en vertu d'une conception personnelle du devoir, un système avec lequel il doit s'attendre à ce que le moindre échec lui soit reproché, sans que la réussite la plus complète lui soit comptée, bien qu'elle se traduise par une économie pour la fortune publique ! On a dit depuis longtemps avec raison que les insuccès profitent au progrès de l'art du constructeur bien plus que la stabilité des ouvrages qui résistent avec des dimensions

exagérées. Belgrand a donc été singulièrement utile en poussant l'économie de matière jusqu'aux limites du possible. Il a osé, à ses risques et périls, planter des jalons au bord d'un précipice. Grâce à lui, on sait jusqu'où l'on peut s'avancer; mais lorsqu'on n'aura pas de motifs bien sérieux pour avoir en soi la ferme confiance qu'il avait justement en lui-même, on agira prudemment en restant un peu en deçà.

C'est à ce sentiment de consciencieuse abnégation que Belgrand obéissait alors que, dessinateur habile et rempli de goût, il n'accordait ni une moulure ni une saillie de contrefort à l'aqueduc en pierres brutes qu'il élevait aux portes de Paris, au-dessus de l'ancien aqueduc d'Arcueil, pour amener les eaux de la Vanne au réservoir de Montsouris. Ne blâmons pas néanmoins les hommes éminents qui ont pensé ne pas payer un tribut exagéré aux idées contraires en donnant aux œuvres d'utilité publique une apparence monumentale en rapport avec leur destination. Lorsque le regretté Léonce Reynaud présidait à l'établissement de ces phares dont l'aspect extérieur signale l'importance, dont les aménagements intérieurs soignés et même luxueux indiquent le prix des appareils qu'ils abritent, il prétendait, non sans raison, provoquer chez le navigateur étranger un sentiment de respect pour la nation qui signale à tous, par cette ceinture d'édifices élégants, les écueils et les dangers des atterrages, et relever, dans l'esprit des modestes employés chargés de l'entretien d'appareils délicats, l'importance des fonctions qui exigent des soins incessants et minutieux sans lesquels la vie de beaucoup d'hommes serait compromise.

Au moment où la mort allait le surprendre, la carrière de Belgrand était déjà longue et assez bien remplie pour qu'il ait dû plus d'une fois envisager d'un œil satisfait non seulement son œuvre propre, mais les progrès durables dus à son initiative. C'est en effet une noble ambition

que celle qui porte les ingénieurs à chercher constamment ce perfectionnement de la théorie et de la pratique dans l'art qu'ils exercent. Il en est bien peu qui ne réussissent en quelque point, qui ne soient à même d'apporter quelque pierre à l'édifice, œuvre collective de tous. Pour avoir une idée des conquêtes réalisées par ces efforts incessants, il faut envisager une période d'une certaine durée. C'est vers la fin de notre vie, alors que nos regards embrassent l'espace d'un demi-siècle, que nous sommes le mieux à même d'apprécier l'importance de ces perfectionnements.

La génération à laquelle Belgrand appartenait trouvait, en entrant dans la carrière, une trace déjà profonde de ce que l'art de l'ingénieur avait fait pour faciliter les rapprochements entre les populations, pour développer les relations commerciales, pour abréger les voyages, pour assainir les contrées insalubres, pour fertiliser les sols improductifs. Les grandes routes ouvertes depuis le règne de Louis XIV, les beaux ponts établis à la traversée des grands fleuves, les percements des chaînes de montagnes, les canaux à point de partage réunissant des bassins différents, les aménagements des ports maritimes, les canaux de dessèchement et d'irrigation, etc., constituaient déjà un ensemble recommandable de travaux. De Prony, Vicat, Fresnel, Navier, Coriolis, Bélanger, etc., avaient doté la théorie et la pratique de méthodes et d'appareils nouveaux qui permettaient aux ingénieurs formés par l'enseignement de l'École polytechnique de se rendre un compte exact des conditions auxquelles devaient satisfaire les différentes parties des ouvrages, et de réaliser économiquement des constructions durables dans les circonstances les plus difficiles. Et cependant lorsque l'on vient à comparer les cahiers où se trouvent exposées les diverses parties de l'enseignement tel qu'on le donnait à l'École des Ponts et Chaussées vers 1830, avec les livres et les cours écrits qui résument l'enseignement actuel, même en remontant pour

quelques-uns à une vingtaine d'années en arrière, on peut se faire une première idée des progrès accomplis. Les *Annales des Ponts et Chaussées*, qui viennent, avec la clôture de la 5e série, de passer par leur jubilé demi-séculaire, renferment aussi nombre de mémoires de nature à faire honneur au Corps qui les a rédigés presque sans collaboration étrangère. Mais ces documents authentiques sont loin de faire connaître tout ce qui serait digne d'être mentionné. Comment n'être pas frappé de ce que les grands réseaux de chemins de fer qui couvrent le sol de la France ont été construits et sont encore aujourd'hui, presque sans exception, administrés sous la direction d'ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines. Combien d'entre eux n'ont-ils pas été appelés à l'étranger, dans différentes parties du monde, pour y porter les traditions et l'expérience du Corps, soit en y exécutant des travaux importants, soit en y organisant l'enseignement d'après les méthodes françaises ! L'œuvre la plus colossale du siècle, la plus importante par ses résultats, qui soit sortie de la main des hommes, le canal de Suez, conçu et dirigé par le génie de Ferdinand de Lesseps, a été réalisé par des ingénieurs des Ponts et Chaussées, en faveur desquels il a rendu le témoignage le plus flatteur, sachant bien que sa gloire ne saurait être amoindrie par le mérite des collaborateurs qu'il avait choisis.

Belgrand, qui a donné aux *Annales* la primeur de ses idées et de ses découvertes, avait été plus d'une fois consulté pour les travaux d'édilité de villes étrangères. Il n'est guère d'ailleurs de distribution d'eau de quelque importance, faite en France, à laquelle il n'ait contribué au moins par ses conseils, souvent en dirigeant les ingénieurs chargés de l'exécution. Lui aussi a donc été chef d'école et nous pouvons le citer au nombre de ceux qui auront enrichi l'art et la science de résultats durables.

Quelques mots, quelques lignes de lui cités dans le cours

de cette notice ont pu donner une idée de la droiture de son caractère. Les regrets que sa perte a inspirés au personnel placé sous ses ordres, à l'administration municipale qu'il servait si loyalement, à l'Académie où il trouvait autant d'amis que de confrères; les adieux touchants qui l'accompagnaient au moment où il descendait dans la tombe (*); l'honneur suprême décerné à sa mémoire, par un éloge académique qui restera l'une des œuvres les plus appréciées de son éminent auteur, sont autant de témoignages qui ont adouci la douleur de sa famille. Un seul trait, qu'on nous permettra de citer ici, nous justifiera d'avoir osé parler à notre tour et bien tardivement après de telles autorités.

Un de ses amis venait d'être arrêté et emprisonné comme prévenu de complot contre la sûreté de l'État. C'était en 1849, au moment de l'expédition de Rome. A cette époque troublée nul ne pouvait prévoir quelle tournure prendraient les événements; les gens prudents s'abstenaient de toute relation compromettante. Belgrand, du fond de sa paisible résidence d'Avallon, n'hésita pas à écrire à son ami une lettre qui, ne pouvant guère parvenir à la Conciergerie sans passer sous les yeux d'un juge d'instruction, était de nature à disculper complètement le prévenu. Au risque de se compromettre, il rappelait des conversations récentes où celui-ci s'était exprimé dans des termes tels que l'im-

(*) Institut de France. — Académie des sciences. — Funérailles de M. Belgrand. — *Discours de M. le général Favé au nom de l'Académie.* — *Discours de M. Daubrée au nom de la section de minéralogie et de géologie.* — Un grand nombre de journaux de Paris et des départements ont publié des articles nécrologiques, parmi lesquels on doit citer en première ligne ceux du *Constitutionnel* (10 avril) par le Dr Hector George; du *Moniteur Universel* (11 avril); du *Français* par le Dr Fabius (17 et 24 avril); de *la Côte-d'Or* (16 avril) par M. Gustave Laperouse, etc. Nous avons aussi déjà mainte fois cité la belle notice publiée par M. Mille, dans le numéro du 15 juin 1878 de la *Revue scientifique*. On doit enfin une mention particulière à la *Notice sur les travaux scientifiques* de Belgrand, publiée par M. Delaire, dans le *Bulletin de la société géologique de France*, et qui avait été lue à la séance du 1er avril 1880, à l'occasion du cinquantenaire de la société.

putation de complot devenait ridicule. « Tous ceux qui me « connaissent, ajoutait-il, savent bien que je serais inca- « pable d'altérer la vérité même pour servir un ami. » Il fallut attendre trois semaines encore, avant qu'une ordonnance de non-lieu ouvrît les portes de la prison. Mais les trente-deux années qui se sont écoulées depuis lors n'ont en rien affaibli le sentiment de gratitude affectueuse qu'une pareille démarche inspirait à celui qui en était l'objet.

Belgrand a succombé à un mal accidentel, presque subitement, dans la plénitude de ses facultés, le 8 avril 1878. Aux prises avec une fièvre ardente, ses dernières paroles ont été pour ces travaux qui ont tenu dans sa vie une si grande place, pour les eaux de la Dhuis et de la Vanne.

On connait l'inscription funéraire que les Anglais ont gravée sur la tombe de Wren, dans l'enceinte de la cathédrale de Saint-Paul. Associant d'une manière impérissable le souvenir de leur grand architecte à la conception de son œuvre principale, ils ont fait de ce monument même le mausolée qui recouvre sa dépouille mortelle. Les restes de Belgrand reposent modestement au cimetière Montparnasse dans une sépulture de famille. Déjà, suivant le vœu que le Conseil municipal de Paris avait émis sur l'initiative d'un de ses membres, M. Cadet, un décret du 23 juin 1879 a donné le nom de Belgrand à la partie de la rue Sorbier située entre la place des Pyrénées et la porte de Bagnolet; déjà le buste de Belgrand est exécuté pour figurer dans le nouvel Hôtel-de-Ville. Nous attendons quelque chose de plus.

L'édilité parisienne qui, elle aussi, a bien sa part dans la transformation du vieux Paris et qui n'a jamais marchandé ni les éloges ni l'expression de sa reconnaissance aux promomoteurs et aux agents principaux de cette œuvre colossale, ferait chose digne d'elle et de la cité à l'administration de laquelle elle préside, en consacrant, sur l'un des points les plus élevés du centre de la ville, une inscription à l'honneur de tous ceux qui ont le plus contribué à l'embellisse-

ment et à l'assainissement de l'une des métropoles du monde. Pour ne parler ici que des morts, les noms de Girard, d'Emmery, de Mary, de Dupuit, de Michal, de Belgrand, etc., chers au Corps des Ponts et Chaussées y figureraient au rang qui appartient à chacun. L'attention du spectateur assez haut placé pour dominer tout Paris, se porterait sur les ouvrages de la traversée du fleuve, entre les remparts; sur cet immense réseau de canalisation souterraine qui emporte au loin les eaux contaminées; sur ces vastes réservoirs d'où les eaux fraîches et pures, étagées à des niveaux différents, déversent continuellement le tribut apporté des extrémités du bassin hydrographique de Paris par des sources habilement captées, contenues et dirigées, à travers des vallées et des collines innombrables, au prix d'une multitude de travaux importants. En présence de cet ensemble merveilleux que l'intelligence embrasse alors même que les profondeurs du sol en cachent une partie et que les horizons lointains en dérobent une autre, ne serait-on pas en droit de compléter la légende commémorative en y ajoutant, comme sur la pierre tombale de Saint-Paul de Londres : *Si quæris monumentum, circumspice!*

Étretat, - octobre 1881.

LISTE PAR ORDRE CHRONOLOGIQUE

DES

OUVRAGES ET NOTES PUBLIÉS PAR M. BELGRAND (*)

1846. — Études hydrologiques dans la partie supérieure du bassin de la Seine (*Annales des Ponts et Chaussées*, 2e semestre; *Bulletin de la Société géologique*). Mémoire présenté à l'Académie des Sciences par Arago.

1849. — Sur l'établissement d'une distribution d'eau à Avallon (*Annales des Ponts et Chaussées*).

1851. — Carte agronomique et géologique de l'arrondissement d'Avallon, notice sur cette carte (*Annuaire de l'Yonne* et *Bulletin de la Société géologique*).

— Hydrologie du département de l'Yonne; étude sur les régimes des cours d'eau et les cultures (Extrait de l'*Annuaire de l'Yonne*).

1852. — Études hydrologiques dans le bassin de la Seine entre la limite des terrains jurassiques et Paris (*Annales des Ponts et Chaussées* 1er semestre).

1853. — Étude des lois qui régissent les cours d'eau (*Annuaire de la Société météorologique de France*).

— Des relations qui existent entre le mode d'écoulement des eaux pluviales à la surface du sol et la culture des prairies (*Annuaire de la Société météorologique de France*).

— Influence des forêts sur l'écoulement des eaux pluviales (*Annuaire de la Société météorologique de France*, avec un complément imprimé à la suite).

1854. — De la simultanéité des pluies qui produisent les crues de la Seine, de la Loire, de la Saône et de la Meuse (*Annuaire de la Société météorologique*).

— Carte géologique et hydrologique du bassin de la Seine.

— Recherches statistiques sur les sources du bassin de la Seine qu'il est possible de conduire à Paris (Paris, 1854).

(*) Cette liste a été dressée par M. Vialay, ingénieur civil, déjà connu par la traduction du beau *Manuel de mécanique appliquée* de Rankine (Paris, Dunod) et que des liens de parenté et de reconnaissance attachaient à M. Belgrand.

1856. — Note sur les crues des cours d'eau du bassin de la Seine en 1856 (*Annuaire de la Société météorologique de France*).

— α. Observations du service hydrométrique du bassin de la Seine jusqu'en 1855; études sur les sources du bassin de la Seine (*Annuaire de la Société météorologique de France*).

1857. — Même article que (α) (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1er semestre).

— Note sur l'averse tombée à Paris, le 21 mai 1857 (*Annuaire de la Société météorologique de France*).

1858. — Sécheresses de 1857 et 1858 (*Annuaire de la Société météorologique de France*).

— Essais de diverses eaux dans le bassin de la Seine (*Annuaire de la Société météorologique de France*).

1859. — Température des eaux distribuées dans Paris (*Annuaire de la Société météorologique de France*),

1860. — Suite du mémoire précédent (*Annuaire de la Société météorologique de France*).

1861. — Deux notes sur le puits de Passy, étude des nappes souterraines (*Annuaire de la Société météorologique de France*).

1862. — Documents relatifs aux eaux de Paris, avec appendice.

1863. — Sur les dépôts diluviens de la vallée de la Seine (*Bulletin de la Société géologique de France*).

1864. — Note sur les terrains quaternaires du bassin de la Seine (*Bulletin de la Société géologique de France*).

— Des grands débordements de la Seine à Paris (*Annuaire de la Société météorologique*).

1865. — Sur le régime de la pluie dans le bassin de la Seine. (*Annales des Ponts et Chaussées*, 2e semestre; *Annuaire de la Société météorologique de France*).

1866. — Étude sur la crue de septembre 1866; en commun avec M. Lemoine (*Annuaire de la Société météorologique de France*).

— Mémoire sur l'avant-projet de dérivation des sources de la Vanne (Paris, 1866).

1867. — Compte rendu de la course de la Société géologique dans les sablières de Paris (*Bulletin de la Société géologique*).

1868. — Note rectificative sur les observations pluviométriques de Château-Chinon, par MM. Belgrand et Lemoine (*Annales des Ponts et Chaussées*).

— Étude sur la crue de septembre 1866; en commun avec M. Lemoine (*Annuaire de la Société météorologique* et *Annales des Ponts et Chaussées*).

— Résumé des observations centralisées en 1867, par le service

hydrométrique du bassin de la Seine ; en commun avec M. Lemoine (*Annuaire de la Société météorologique*).

— Note sur l'histoire ancienne de la Seine (*Bulletin de la Société géologique*).

— Sur les plantes fossiles quaternaires dans le bassin de la Seine (*Bulletin de la Société géologique*).

— Sur le tuf de Castelnau (Hérault) (*Bulletin de la Société géologique*).

— Sur le cailloutis de Riège et de Saint-Aunès (*Bulletin de la Société géologique de France*).

— Note sur les observations ozonométriques organisées à Paris, d'après les ordres de M. le préfet de la Seine (*Annuaire de la Société météorologique*).

1869. — Résumé des observations centralisées en 1868 par le service hydrométrique du bassin de la Seine, en commun avec M. Lemoine (*Annuaire de la Société météorologique*).

— Mémoire sur l'égout collecteur de la Bièvre et le siphon de l'Alma (*Annales des Ponts et Chaussées*).

— Le Bassin parisien aux âges anté-historiques (Histoire générale de Paris). Paris, imprimerie impériale, 1869, 3 vol. gr. in-4° : IX-289 p., 6 coupes et cartes ; 56 p., 55 pl. en gravure et photogravure; 3 coupes en chromolithographie et un catalogue des mollusques terrestres et fluviaux des environs de Paris à l'époque quaternaire, par M. Bourguignat, 32 p. et 3 planches.

— L'Age des tourbes dans la vallée de la Seine, avec 1 planche (*Bulletin de la Société géologique de France*).

— Notice sur le régime des cours d'eau et de la pluie du bassin de la Seine, à l'époque quaternaire (*Annuaire de la Société météorologique ;* extrait du volume : *le Bassin parisien aux âges anté-historiques*).

— Rapport sur les eaux de Laon (Laon, 1869).

— Rapport sur le système hydraulique de la ville d'Amiens (Amiens, 1869).

1870. — Le Bassin parisien aux âges anté-historiques (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Note sur l'état probable des eaux courantes du bassin de la Seine dans l'été et l'automne de 1870, en commun avec M. Lemoine (*Annales des Ponts et Chaussées*).

— La Seine : études sur le régime de la pluie, des sources, des eaux courantes; applications diverses à l'art de l'ingénieur et à l'agriculture (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

Volume manuscrit déposé à l'Académie des Sciences, et dont cette dernière notice est le résumé.

— Note sur la présence des stries à la surface d'une table de grès de Fontainebleau, dans la localité dite la Padole (*Bulletin de la Société géologique de France*).

— Note complémentaire sur le limon des plateaux (*Bulletin de la Société géologique*).

— Sur divers objets trouvés dans les tranchées de l'aqueduc de la Vanne (*Bulletin de la Société géologique*).

— Administration de la ville de Paris. Transformation de la vidange et suppression de la voirie de Bondy, irrigations avec les eaux d'égout. Mémoire de l'inspecteur général, directeur des eaux et égouts (Paris, 1870).

1871. — Essai sur les aqueducs romains. Manuscrit présenté par M. Dumas à l'Académie des Sciences (Extrait dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Assainissement de Paris. Mémoire du directeur des eaux et égouts (Paris, 1871).

- Préfecture du département de la Seine. Ville de Paris. Dérivation des sources de la vallée de la Vanne. Mémoire du directeur des eaux et égouts. Paris, 1871).

1872. — Deux notes sur les crues de la Seine et de ses affluents (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Conservation de l'eau des réservoirs de la Dhuis, pendant le siége de Paris (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Notice sur les aqueducs romains (*Annales de physique et de chimie*).

— La Seine, études hydrologiques, régime de la pluie, des sources, des eaux courantes (1 vol. grand in-8°, avec 1 atlas, chez Dunod, 1872).

1873. — Sur les travaux publics des États-Unis d'Amérique (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Action de l'eau sur les conduites en plomb (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Sur la crue de la Seine du 23 janvier 1873 (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Les Sources du bassin de la Seine (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Sur les conditions qu'on a dû chercher à réaliser dans le choix des sources destinées à l'alimentation de Paris; eaux incrustantes, etc. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Deux notes sur la Seine, études hydrologiques (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Sur la perméabilité des sables de Fontainebleau (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Rapport sur les travaux d'amélioration de la ville de Buenos-Ayres (Paris, 1873).

— Avis sur l'approvisionnement d'eau de la ville de Rennes (Paris, 1873).

1874. — Sur le service hydrométrique du bassin de la Seine (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Remarques sur les sécheresses (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Abaissement probable du débit des eaux courantes du bassin de la Seine dans l'été et l'automne de 1874; en commun avec M. Lemoine (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Résumé des tomes I et II du *Bulletin météorologique spécial de l'Association scientifique de France* (Observations de 1872 et 1873). *Atlas de l'Observatoire* pour 1872, 1873 et 1874).

— Sur les distributions d'eau en Égypte et en Grèce (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Département de la Seine. Ville de Paris. Emplacement des nouveaux cimetières. 3e rapport de l'inspecteur général, directeur des eaux et égouts à M. le préfet de la Seine (Paris, 1874).

— Portefeuille des eaux et égouts (Paris, 1874).

— Deux notes sur l'action de l'eau sur le plomb (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Note sur l'ouvrage intitulé : la Seine, études hydrologiques (*Bulletin de la Société géologique*).

1875. — Abaissement probable du débit des eaux courantes du bassin de la Seine pour l'automne de 1875, en commun avec M. Lemoine (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Coup d'œil d'ensemble sur le régime des principales rivières du nord, du centre et du midi de la France (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Deux notes sur les perturbations atmosphériques de la saison chaude de l'année 1875; groupe de pluie du 21 au 24 juin 1875; crue de la Garonne; désastres de Toulouse; inondations du midi de la France (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Résumé des tomes III et IV du *Bulletin météorologique spécial de l'Association scientifique de France* (Observations de 1874 et 1875). *Atlas de l'Observatoire* pour 1875.

— Note sur l'aqueduc romain de Sens; en commun avec M. Julliot (Paris, 1875, chez Dunod).

— Les Eaux et les aqueducs romains (1 vol. grand in-8°, avec atlas, chez Dunod, 1875).

— Historique du service des eaux depuis l'année 1854 jusqu'à l'année 1874 (Paris 1875, chez Dunod).

— Perturbations atmosphériques de la saison chaude de l'année 1875. Inondations du midi de la France (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

1876. — Crue de la Seine, de février et mars 1876 (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Crue de la Seine, et moyens de préserver Paris des débordements du fleuve (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

— Notice sur les crues des principales rivières de France en mars 1876; en commun avec M. Lemoine (*Atlas de l'Observatoire* pour mars 1876).

— Sur le débit de la Seine et sur la crue du 17 mars 1876. Réponse à une communication de M. Boussingault (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

1877. — Étude sur la crue de la Seine en mars 1876; en commun avec M. Lemoine (*Annales des Ponts et Chaussées*).

— Les Anciennes eaux de Paris, 1 vol. grand in-8° avec atlas (chez Dunod, Paris, 1877).

1878. — Étude sur les tourbillons des cours d'eau (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

Principales publications faites en partie par M. Belgrand ou sous sa direction.

— Publication des observations du service hydrométrique du bassin de la Seine :

Cours d'eau. . . . . 1854-1876.
Pluie. . . . . , ... 1861-1776.

— Résumés annuels des observations du service hydrométrique du bassin de la Seine, par M. Lemoine (*Annales de la Société météorologique*, 1867-1876)

— Bulletin météorologique spécial de l'Association scientifique de France.

Tome Ier. Observations de 1872.
Tome II. — de 1873.
Tome III. — de 1874.

Tome IV. Observations de 1875.

1er trimestre des observations de 1876.

— Bulletin de statistique municipale (portions relatives à la météorologie parisienne, de 1866 à 1877).

— Les eaux et les égouts de Paris (Extrait des notices sur les objets et documents exposés par les divers services de la ville de Paris et du département de la Seine, à l'exposition de 1878 (Paris, 1878-1879).

— Recueil des règlements sur les eaux de Paris. Préfecture de la Seine (Gauthier-Villars, 1875).

— Recueil de pièces relatives au canal Saint-Martin. Préfecture du département de la Seine (Paris, 1875).

— Distribution d'eau dans Paris en 1673, rapportée sur la carte de Gomboust, publiée en 1656 avec dessin des fontaines publiques construites à cette époque, 1673.

— Ville de Paris. Direction des eaux et égouts.

Canaux	6	albums.
Dépotoir et voirie	1	—
Eaux d'égout	2	—

5561 — Paris. Imp. Laloux fils et Guillot, 7, rue des Canettes